

DSP를 이용한 2kW급 고효율 Bridgeless PFC Converter

이운재*, 유광민*, 신현철*, 고돈열**, 정호철**, 정유석*, 이준영*
 명지대학교 전기공학과*, (주)동아일렉콤**

High Efficiency 2kW Bridgeless PFC Converter for using DSP

Yunjae Lee*, Gwangmin Yoo*, Heoncheol Shin*, Donyeol Ko**, Hochul Jung**, Yuseok Jeong*,
 Junyoung Lee*

Department of Electrical Engineering, Myongji University*, DONGAH ELECOMM Corporation**

ABSTRACT

최근 에너지의 근원이 되는 원유가의 급등으로 인해 에너지 소비에 대한 국내외적인 관심이 증폭되어 에너지를 소비하는 측의 효율개선에 대한 요구가 급등하고 있으며 전력변환기 시장에서도 효율이 전력변환기의 사용자의 선택기준이 될 정도로 매우 강력한 실정이다. 본 논문에서는 DSP(TMS320F28035)를 이용한 2kW급 고효율 Bridgeless PFC Converter를 제안한다. 제안된 Converter를 실험을 통해 고효율과 고전력밀도의 기능을 검증하였다.

1. 서 론

최근 전력변환기에 Digital제어에 대한 연구가 진전되고 있다. Digital제어는 제어회로를 프로그램으로 구현함으로써 회로 설계의 주요 핵심부분에 대한 보안 설계가 가능하다. 또한 회로의 주요부분에 실시간 모니터링이 가능하며, 회로의 동작 중에 발생될 수 있는 오동작에 대한 대응 운전이 가능하다. 그리고 Digital 제어로 구현할 경우 전원장치의 빠른 제어 응답성을 구현할 수 있다. 그리고 출력전압이 400V~480V로 가변이 되기 때문에 다양한 DC-DC Converter에 사용될 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 역률 개선과 고효율화, 고전력밀도화된 2kW급 Bridgeless PFC Converter를 제안한다.

2. 본 론

2.1 제안한 2kW급 PFC Converter

본 논문에서 제안한 2kW급 Bridgeless PFC Converter는 기존의 Bridge 타입 대신 Bridge를 사용하지 않는 구조이다. 그리고 고효율을 위한 Topology는 Boost로 선정하였다. Boost topology의 경우 PFC Converter는 일반적으로 출력전압을 400V로 Regulation하기 때문에 스위칭 device가 감당해야 할 전류가 작아 효율상에 유리한 장점이 있기 때문이다. 제어기로는 TI사의 TMS320F28035를 사용하였으며 Digital 제어의 장점은 제어회로를 간단하게 구성할 수 있으며 환경, 입력, 부하 조건의 변동에 따라 강인한 제어가 가능하기 때문이다. 그리고 입력측의 Bridge다이오드를 제거하고 대신 Back-to-Back으로 구성된 스위치를 사용하고 입력단의 전류를 정류하기 위해 4개의 다이오드를 통해 정류하여 출력측으로 전달하는 구조를 가

지고 있다. 이렇게 구성함으로써 Bridge방식보다 다이오드 도통 손실이 작은 장점이 있다. 그림1은 제안한 2kW급 PFC Converter를 나타내고 있다.

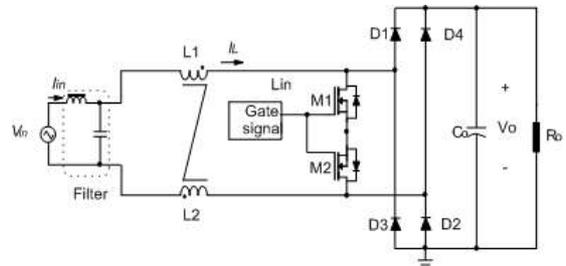


그림 1 제안한 Bridgeless PFC Converter 회로도
 Fig. 1 Proposed Bridgeless PFC Converter Circuit

2.2 제안한 회로의 시스템 구성

제안한 Bridgeless PFC Converter는 Boost topology를 CCM방식을 사용하기 때문에 인덕터의 설계가 요구된다. 인덕터값의 설계는 CCM 모드 인덕터 제공식(1)을 이용하여 선정한다.

$$L = \frac{V_o D(1-D)}{f_s I_{ripple}} = \frac{480 \times 0.3(1-0.7)}{80 \times 10^3 \times 3} = 420 \mu H \quad (1)$$

CCM모드를 제어하기 위한 제어 Block를 그림2에 나타내었다.

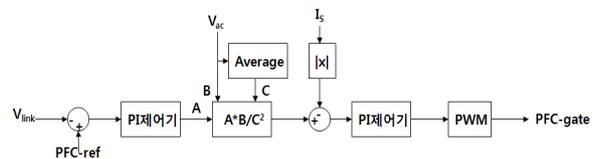


그림 2 제안한 제어 Block도
 Fig. 2 Proposed Control Block

그리고 입력측의 Bridge다이오드를 제거하고 Back-to-Back으로 구성된 스위치를 사용하고 입력단의 전류를 정류하기 위한 4개의 다이오드로 구성되어 있다. 다음의 식을 통해 Bridge 다이오드가 있을 경우와 Bridgeless방식일 경우의 손실을 비교해 보겠다.

$$P_{loss} = I_{in,avg} \times 2V_{on,BR} + I_{o,avg} \times V_{on,D} \quad (2)$$

$$P_{loss} = I_{o,avg} \times 2V_{on,D} + \frac{1}{2} I_{in,avg} \times V_{on,FET} \quad (3)$$

식(2)는 기존 Bridge 다이오드를 사용하는 Boost Converter의 경우 다이오드 출력과 손실을 나타낸 것이고 식(3)은 제안된 회로의 다이오드 손실을 나타낸다. Boost Converter의 경우 출력전류의 평균값은 입력전류의 평균값보다 작기 때문에 제안된 회로의 다이오드 손실이 작은 것을 알 수 있다.

2.3 실험 결과 및 검토

앞에서 구성한 내용을 바탕으로 DSP(TMS320F28035)를 이용한 2kW급 Bridgeless PFC Converter를 제작하였고, 모의실험과 제작된 회로를 통한 실험을 통하여 회로의 유용성과 신뢰성을 입증하였다.

실험사양 및 설계사양은 다음의 표와 같다.

표 1 컨버터의 실험 사양

Table 1 Experimental Data of PFC Converter

입력전압(Vin)	90~265Vac
출력전압(Vo)	400~480Vdc
최대 전류 peak	15 A
최대 출력 전력	2000W
컨버터 동작 주파수	80kHz

표 2 인덕터 설계 사양

Table 2 Inductor Design

	사 양	Core 형상
Core	OD=33mm/High Flux /60u/2개적층	
N	58Turns/1.5mm	
L1/L2	200uH	

제안된 회로의 검증을 위해 PSIM으로 모의실험을 진행하였다. 입력220V, 출력은 2kW로 진행을 하였다. 그림 3은 입력전압 그림4는 인덕터 전류의 모의실험 파형을 보여주고 있다.

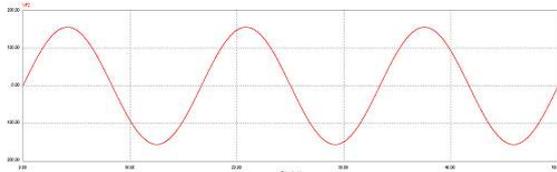


그림 3 입력전압의 모의실험 파형

Fig 3 Input Voltage

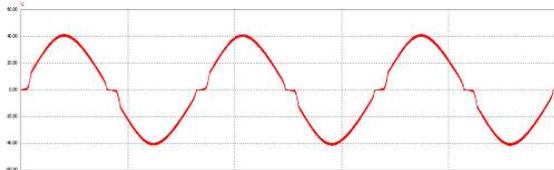


그림 4 인덕터 전류의 모의실험 파형

Fig 4 Inductor Current

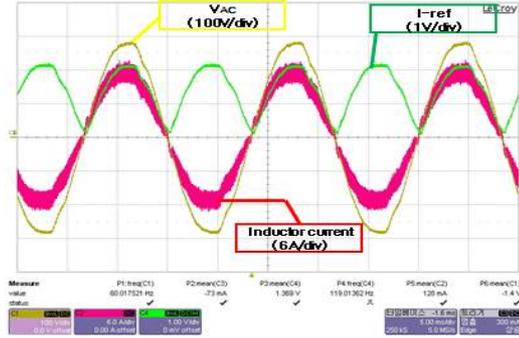


그림 5 컨버터의 입력전압, 인덕터 전류, I-ref

Fig 5 Input Voltage, Inductor Current and I-ref

제안된 회로를 실제 구성하여 실험을 진행한 파형이 그림 5에서 입력전압, 인덕터전류 그리고 I-ref를 보여준다. 측정결과 PF가 2kW시에 99.5%임을 확인 할 수 있었고, 효율이 96%이상임을 확인 할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 DSP(TMS320F28035)를 이용한 2kW급 Bridgeless PFC Converter를 설계 및 제작하였다. 모의실험과 제작된 회로를 통한 실험을 통하여 회로의 유용성을 확인하였다. 그림6에서 2kW시에 PF가 99.5%이상임을 확인하였고, 효율이 97%임을 확인하였다.

앞으로 현재 실험한 회로를 바탕으로 패턴과 소자들에서 발생하는 손실 등을 좀 더 파악하고 개선하여 이보다 더 높은 고 효율을 달성할 것이다.

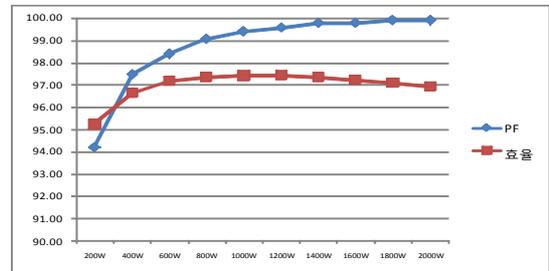


그림 6 컨버터의 PF와 효율

Fig. 6 Power Factor, Efficiency

이 논문은 (주)동아일렉콤의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

- [1] 양 오, "DSP를 이용한 단상 PFC의 설계", 전자공학회 논문지, 제 44권, pp. 57-65, 2007.
- [2] V. Rao, A. Jain, K.Reddy, A. Behal "Experimental Comparison of Digital Implementations of Single-Phase PFC Controllers", IEEE Trans. Ind. Electron., VOL. 55, NO. 1, pp. 67-78, Jan. 2008.
- [3] S. Buso et al., "Simple digital control improving dynamic performance of power factor preregulators,"IEEE Trans. Power Electron., vol.13, pp. 814-823, Sept., 1998.